

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FR05/000682

International filing date: 21 March 2005 (21.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR
Number: 0402998
Filing date: 23 March 2004 (23.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 06 June 2005 (06.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 25 MARS 2005

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr





26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 210502

REMISE DES PIÈCES

DATE

23 MARS 2004

LIEU

75 INPI PARIS 34 SP

N° D'ENREGISTREMENT

0402998

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE

23 MARS 2004

PAR L'INPI

Vos références pour ce dossier

(facultatif)

BFF030343

**NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE**

CABINET PLASSERAUD

65/67 rue de la Victoire
75440 PARIS CEDEX 09

Confirmation d'un dépôt par télécopie

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

2 NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☒

Demande de certificat d'utilité

☐

Demande divisionnaire

☐

Demande de brevet initiale

N°

Date

ou demande de certificat d'utilité initiale

N°

Date

Transformation d'une demande de
brevet européen *Demande de brevet initiale*

☐

N°

Date

3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

PROCEDE DE FABRICATION DE COMPOSANTS ELECTRONIQUES ET COMPOSANTS ELECTRONIQUES OBTENUS PAR CE
PROCEDE

4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ

OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE

LA DATE DE DÉPÔT D'UNE

DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☐ **S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»**

5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ **Personne morale**

☐ **Personne physique**

Nom
ou dénomination sociale

ECOLE POLYTECHNIQUE DGAR

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile

Rue

91128 PALAISEAU Cédex

ou

siège

Code postal et ville

Pays

FRANCE

Française

Nationalité

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

☐ **S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»**

Remplir impérativement la 2^{ème} page

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2

BR2

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

23 MARS 2004

LIEU


75 INPI PARIS 34 SP

N° D'ENREGISTREMENT

0402998

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W / 210502

| | | |
|--|--|--|
| 6 MANDATAIRE <i>(s'il y a lieu)</i> Nom _____ Prénom _____ Cabinet ou Société _____ N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel _____ Adresse Rue _____ Code postal et ville _____ Pays _____ N° de téléphone <i>(facultatif)</i> _____ N° de télécopie <i>(facultatif)</i> _____ Adresse électronique <i>(facultatif)</i> _____ | | BFF030343 Cabinet PLASSERAUD 65/67 rue de la Victoire 75440 PARIS CEDEX 09 |
| 7 INVENTEUR (S) Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes | | Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s) |
| 8 RAPPORT DE RECHERCHE Établissement immédiat ou établissement différé | | Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) <input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé |
| Paiement échelonné de la redevance <i>(en deux versements)</i> | | Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non |
| 9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES | | Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention <i>(joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence)</i> : AG _____ |
| 10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS Le support électronique de données est joint La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe | | <input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes | | |
| SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Eric BURBAUD 94-0304 | | VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI  |

PROCEDE DE FABRICATION DE COMPOSANTS ELECTRONIQUES ET
COMPOSANTS ELECTRONIQUES OBTENUS PAR CE PROCEDE

L'invention concerne les procédés de réalisation de
5 composants pour l'électronique et les composants
électroniques obtenus par ce procédé.

On connaît déjà, par la demande de brevet
FR 03 11959 des procédés de fabrication de composants pour
l'électronique dans lesquels on réalise une première
10 anodisation d'un matériau support pour former au moins un
premier pore s'étendant, dans ce matériau support, dans une
première direction.

Dans ces procédés, on met en oeuvre une anodisation
d'un matériau pour former dans celui-ci, des pores adaptés
15 pour recevoir un matériau actif. Par exemple, dans le
document FR 03 11959, le matériau actif est un nanotube de
carbone dont la croissance a été contrainte et orientée par
la géométrie du pore dans lequel cette croissance a eu lieu.

Ces procédés visent à faciliter l'intégration de
20 nano-structures dans un dispositif standard de la
microélectronique (par exemple de type C-MOS).

De manière alternative, les inventeurs ont cherché à
utiliser ce type de procédé de nano-fabrication en vue d'une
intégration à des niveaux supérieurs.

25 Ainsi, selon un mode de mise en oeuvre de l'invention
on prévoit un procédé de fabrication de composants pour
l'électronique dans lequel, outre les caractéristiques déjà
mentionnées, on réalise une deuxième anodisation pour former
au moins un deuxième pore s'étendant dans le matériau
30 support dans une deuxième direction différente de la
première direction.

Selon ce mode de mise en oeuvre de l'invention les
pores peuvent être exploités pour réaliser la croissance

et/ou l'organisation de nanobriques.

En outre, on obtient des pores orientés essentiellement selon au moins deux directions distinctes. Ceci facilite la mise en œuvre de traitements distincts selon les différentes orientations des pores. Il est alors ainsi possible d'attribuer aux pores de chacune de ces directions des fonctions différentes.

Par exemple, le ou les pores s'étendant selon la première direction peuvent être utilisés pour réaliser une fonction du composant électronique, par exemple la grille d'un transistor, tandis que le ou les pores s'étendant dans la deuxième direction peuvent être utilisés pour réaliser une deuxième fonction du composant, par exemple le drain d'un transistor.

Selon d'autres modes de mise en œuvre de l'invention, on a recours éventuellement à l'une et/ou à l'autres des dispositions suivantes :

- on forme un matériau isolant dans le premier pore, c'est-à-dire dans une première couche anodisée ;
- on forme un matériau actif dans le deuxième pore, c'est-à-dire une deuxième couche anodisée ; ce matériau actif est par exemple choisi parmi un semi-conducteur, un supraconducteur, un matériau magnétique et une structure carbonée ;
- on dépose par électrodéposition un matériau semi-conducteur dans le deuxième pore ; ce matériau semi-conducteur est par exemple transparent à la lumière ; il peut s'agir d'un matériau organique tel que du poly-pyrole ;
- le matériau support constitue à la fois une structure autoportante pour un composant et des moyens de contact électrique ; il est ainsi possible, grâce à l'invention d'obtenir une structure rigide qui peut être manipulée de manière autonome, sans l'aide d'un substrat tel

que ceux généralement utilisés en microélectronique conventionnelle ;

5 - on réalise un transistor dont les contacts source et drain se trouvent respectivement chacun à l'une des extrémités du deuxième pore et un contact de grille est réalisé par dépôt d'un matériau conducteur sur la couche superficielle ;

10 - le matériau support se présente sous la forme d'une portion de fil, nommé ci-dessous "fil-support", s'étendant longitudinalement parallèlement à la deuxième direction ; il s'agit là d'une forme tout à fait originale ; qui autorise une approche tridimensionnelle de la préparation des composants pour l'électronique ; on gagne ainsi au moins un degré de liberté dans les opérations mises
15 en œuvre pour la fabrication de ces composants par rapport à ce qui est imposé par la géométrie planaire des composants sur substrat ; en outre, le diamètre du fil-support peut aisément être contrôlé jusqu'à des dimensions proches de quelques microns, par électro-polissage ;

20 - on forme une pluralité de pores, dont le premier pore, s'étendant chacun sensiblement sur l'épaisseur d'une couche superficielle du fil-support, radialement, c'est-à-dire perpendiculairement à la deuxième direction ; autrement dit, on forme ainsi la première couche anodisée ; cette
25 couche superficielle peut alors être transformée en un matériau diélectrique adapté pour constituer la grille d'un transistor ; par exemple, si les contacts de source et de drain se trouvent respectivement chacun à l'une des extrémités du deuxième pore, un contact de grille peut être
30 réalisé par dépôt d'un matériau conducteur sur la couche superficielle ;

 - on enveloppe au moins un élément actif dans une matrice comprenant le matériau support ;

- on dépose dans l'un au moins des premier et deuxième pores, un matériau électriquement conducteur ;
 - on dépose dans l'un au moins des premier et deuxième pores un matériau optiquement conducteur ;
 - 5 - on dépose dans l'un au moins des premier et deuxième pores un matériau thermiquement conducteur ;
 - on réalise, en surface du matériau support, au moins une ligne d'un matériau choisi parmi un matériau électriquement conducteur, thermiquement conducteur et
 - 10 optiquement conducteur, pour connecter l'élément actif à un élément extérieur ;
 - le procédé met en œuvre un certain nombre d'opérations de traitement du matériau support toutes de même nature, par exemple il comprend au moins trois étapes
 - 15 de traitement en milieu liquide dont la première anodisation, la deuxième anodisation et une étape d'électrodéposition; et
- Ces étapes de traitement peuvent être mises en œuvre dans des conditions opératoires relativement peu
- 20 contraignantes. Ceci présente l'avantage par rapport aux procédés conventionnels de fabrication de composants pour la microélectronique de faciliter la mise en œuvre des procédés de fabrication de ces composants. En effet, les procédés conventionnels mettent en œuvre un certain nombre
- 25 d'opérations maintenant bien connues de l'Homme du Métier de la microélectronique telles que des dépôts de couches minces sur un substrat, des opérations de photolithographie, des microgravures, etc. Ces opérations nécessitent des moyens relativement lourds, mis en œuvre dans des salles blanches
- 30 et à l'aide de bâtis de dépôt et/ou de gravure sous ultravide. Ces procédés sont donc relativement coûteux et ils sont et seront d'autant plus coûteux que les composants pour l'électronique ont une échelle de taille de plus en

plus petite.

En outre, selon certains modes de mise en œuvre de l'invention, dans lesquels la structuration du composant est essentiellement imposée par un « moule » ou un « squelette »
5 constitué par un réseau, organisé ou non, de nanopores, il est possible de s'affranchir complètement de la mise en œuvre d'opérations de lithographie.

Par rapport aux procédés conventionnels de fabrication de composants pour la microélectronique, ces
10 modes de mise en œuvre de l'invention présentent un avantage économique, comme expliqué ci-dessus, mais également un avantage au plan de la physique même. En effet, pour la production de composants de plus en plus petits, les longueurs d'ondes utiles pour les lithographies passent du
15 domaine optique au domaine électronique. Mais les moyens alors mis en œuvre sont difficilement compatibles avec une production de masse. Or selon les modes de mise en œuvre de l'invention ici envisagés, les échelles de la structuration sont essentiellement imposées par la chimie et/ou
20 l'électrochimie des traitements effectués, qui agissent à l'échelle moléculaire. Il s'agit donc d'une approche alternative aux procédés conventionnels qui consiste à structurer des composants pour l'électronique à partir de nanobriques élémentaires telles que des atomes, des
25 agrégats, des nanoparticules, des nanotubes, des nanobâtonnets, etc. Cette approche est dite « bottom-up », c'est-à-dire « par le bas » en référence à l'échelle des nanobriques élémentaires.

On connaît des procédés de l'art antérieur selon
30 l'approche « bottom-up ». Il s'agit par exemple de réaliser des nanostructurations à partir de briques élémentaires à l'aide de pointes de microscopes à force atomique ou à effet tunnel ou par auto-assemblage dans des milieux de type sol-

gel, par électrodéposition, croissance catalytique sur nanocatalyseur, etc.

Certains des modes de mise en œuvre de l'invention présentés plus haut s'apparentent, par analogie, à une organisation sur la base d'un squelette. En effet, par sa structure organisationnelle, un squelette impose un assemblage fonctionnel des différents éléments qui le composent et confère à l'ensemble une structure mécanique rigide. Dans le cadre de l'invention, on forme également une structure rigide qui impose l'organisation ou l'auto-organisation, pendant leur croissance, de nanobriques élémentaires, tout en permettant, par sa rigidité mécanique, une manipulation ultérieure. En particulier, une telle structuration ne présente cependant pas les inconvénients d'une nanostructuration à l'aide de pointes de microscope à force atomique ou à effet tunnel qui ne semble pas actuellement compatible avec un procédé de production en masse de composants pour l'électronique.

Les modes de mise en œuvre de l'invention ne présentent pas non plus les inconvénients des techniques de structuration faisant appel à l'auto-assemblage qui connaissent des difficultés liées au manque de reproductibilité et à la manipulation des objets formés par l'auto-assemblage. En outre, les connexions des objets auto-assemblés aux circuits électroniques traditionnels, nécessitent la mise en œuvre de techniques conventionnelles de la micro électronique déjà évoquées, et donc avec les inconvénients précités.

Selon un autre aspect l'invention concerne un composant pour l'électronique obtenu par le procédé mentionné ci-dessus.

Selon un exemple de mode de réalisation, ce composant comporte un élément de matériau support avec au

moins un premier pore s'étendant dans une première direction et au moins un deuxième pore s'étendant dans une deuxième direction différente de la première direction.

Selon d'autres exemples de modes de réalisation, ce
5 composant comporte l'une et/ou l'autre des dispositions suivantes :

- le deuxième pore est au moins partiellement rempli d'un matériau actif, choisi par exemple parmi un conducteur, un semi-conducteur, un supraconducteur, un matériau
10 magnétique et une structure carbonée ; ce matériau actif peut être transparent à la lumière ; dans ce cas il s'agit par exemple d'un matériau organique ;

- un premier contact électrique est réalisé entre le matériau actif et le matériau support, au fond du deuxième
15 pore ;

- le matériau support constitue à la fois une structure autoportante pour le composant et des moyens de contact électrique ;

- l'élément de matériau support se présente sous la
20 forme d'une portion de fil-support s'étendant longitudinalement parallèlement à la deuxième direction ; cette portion de fil-support comporte, au niveau du deuxième pore, une couche superficielle constituée d'un matériau électriquement isolant ; et un deuxième contact électrique,
25 radialement externe par rapport à la couche superficielle, est réalisé sur cette couche superficielle ; et

- le composant comporte au moins un élément actif connecté à la surface du matériau support via les premier et deuxième pores.

30 D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description de plusieurs exemples de ses modes de réalisation et/ou de mise en oeuvre.

L'invention sera également mieux comprise à l'aide des dessins sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement l'évolution d'un composant au cours de différentes étapes de préparation d'un exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention ;

- la figure 2 représente schématiquement un exemple de matériel mis en œuvre au cours des étapes d'anodisation du procédé représenté sur la figure 1 ;

10 - la figure 3 représente schématiquement l'évolution d'un composant au cours de différentes étapes de préparation d'un autre exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention ; et

15 - la figure 4 représente schématiquement un autre exemple de composant conforme à la présente invention.

Un premier exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention est présenté ci-dessous en relation avec les figures 1 et 2.

20 Selon cet exemple de mode de mise en œuvre, le procédé comporte essentiellement dix étapes illustrées chacune respectivement par les figures 1-1 à 1-10.

L'exemple de procédé présenté ci-dessous est appliqué à la réalisation d'un transistor à partir d'un matériau support 1 constitué d'un fil d'aluminium. Ce fil d'aluminium est par exemple un fil de 12 microns de diamètre que l'on trouve sans difficulté dans le commerce. Une portion de quelques centimètres de long est prélevée sur ce fil. Le diamètre de cette portion de fil est éventuellement ajusté par électropolissage jusqu'à moins de 1 micron. A titre d'exemple, l'électropolissage est effectué en imposant une tension de + 8 volts entre le fil-support, connecté à une première électrode 7, et une deuxième électrode 9, comme illustré sur la figure 2. Sur cette figure 2, on a

représenté le matériau support 1 connecté à la première électrode 7. Le fil constitutif du matériau support se trouve sensiblement au centre et perpendiculaire au plan d'une boucle constitutive de la deuxième électrode 9.

5 L'ensemble constitué du matériau support et des première 7 et deuxième 9 électrodes, est immergé dans un bain d'électrolyte dont le mélange homogène est assuré par un agitateur 11. Pour l'électropolissage, l'électrolyte est constitué d'un mélange de 25% d'acide chlorhydrique (HClO_4 à 10 70%) et de 75% d'éthanol. Dans ces conditions, la vitesse de dissolution de l'aluminium est sensiblement de 1,5 microns par seconde.

Selon une variante, une tension de +20 volts est appliquée pendant 10 minutes, dans un électrolyte constituée d'acide sulfurique H_2SO_4 à 70%. On a alors une vitesse 15 d'anodisation de 50 nm/mn environ.

Comme représenté sur la figure 1-2, le matériau support 1 subit ensuite une anodisation pour former un premier réseau de pore 3 s'étendant essentiellement 20 radialement sur l'épaisseur d'une couche superficielle 5.

Cette étape d'anodisation radiale reprend le montage illustré par la figure 2. Une tension de + 40 volts est appliquée pendant 2 à 3 minutes entre les première 7 et deuxième 9 électrodes. L'électrolyte est constitué d'acide 25 oxalique 0,3 molaire. Dans ces conditions, on obtient une vitesse d'anodisation de 200 nm/mn environ.

A l'issue de cette étape d'anodisation, la partie du matériau support 1 immergé dans l'électrolyte comporte une couche superficielle 5 d'environ 400 nanomètres d'épaisseur 30 constituée d'alumine Al_2O_3 . Mis à part à l'extrémité 6 de la partie immergée du matériau support 1, les pores du premier réseau 3 sont orientés essentiellement perpendiculairement à l'axe longitudinal du fil.

Comme représenté sur la figure 1-3, une partie de l'extrémité anodisée du matériau support 1 est recouverte, par pulvérisation cathodique, d'une couche d'or 13. Cette couche d'or 13 fait environ 80 nanomètres d'épaisseur. Elle est destinée à former un contact de grille pour le transistor en cours de fabrication.

Comme représenté sur la figure 1-4, une couche d'isolant 15 est appliquée sur la couche d'or 13. Cette couche d'isolant 15 est par exemple réalisée avec un vernis. Elle est destinée à protéger, au moins électriquement, la partie radiale de la couche superficielle 5 et la couche d'or 13 au cours des étapes ultérieures.

Comme représenté sur la figure 1-5, l'extrémité 6 est sectionnée, au-delà de la partie de la couche superficielle 5 formée à l'extrême pointe du matériau support 1. Ainsi, l'aluminium est à nouveau à nu à chacune des extrémités longitudinales du matériau support 1.

Comme représenté sur la figure 1-6, le substrat support 1 subit alors une étape d'électropolissage. A titre d'exemple, cette étape d'électropolissage est réalisée avec un montage tel que celui de la figure 2, dans les conditions suivantes : tension entre les première 7 et deuxième 9 électrodes + 8 volts, électrolyte constitué d'un mélange de 25% d'acide chlorhydrique (HClO_4 à 70%) et de 75% d'éthanol, pendant 10 secondes. Dans ces conditions, on a dissous environ 15 microns d'aluminium à l'extrémité 16.

Comme représenté sur la figure 1-7, le substrat support 1 subit ensuite une deuxième anodisation. A titre d'exemple, cette deuxième anodisation est réalisée avec un montage tel que celui illustré par la figure 2, dans les conditions suivantes : tension entre les première 7 et deuxième 9 électrodes + 40 volts, pendant 10 à 20 minutes, dans un électrolyte constitué d'acide oxalique 0,3 molaire.

Dans ces conditions, on obtient une vitesse d'anodisation d'environ 200 nanomètres par minute. Au cours de cette deuxième anodisation, un deuxième réseau 17 de pores est formé. Etant donné que la partie immergée dans la solution électrolytique d'anodisation est protégée par la couche d'isolant 15, sauf au niveau de la pointe électropolie à l'étape précédente, les pores du deuxième réseau 17 sont orientés essentiellement parallèlement à l'axe longitudinal du matériau support 1.

Le diamètre interne de ces pores peut être contrôlé. Par exemple, selon les conditions expérimentales, on pourra obtenir des pores dont le diamètre interne est compris entre 10 et 50 nanomètres. De même, leur longueur peut être contrôlée, par exemple, entre quelques nanomètres et quelques dizaines de micromètres.

Comme représenté sur la figure 1-8, un matériau actif 18 est formé dans les pores du deuxième réseau 17. Ce matériau actif peut être un semi-conducteur, un supraconducteur, un matériau magnétique ou une structure carbonée par exemple. Plusieurs exemples de matériau actif 18 sont donnés ci-dessous, avec leurs conditions d'électrodéposition respectives, dans les pores du deuxième réseau 17.

Pour la réalisation de nanofils d'or :

- tension entre la première 7 et la deuxième 9 électrodes : 0 volt, relativement à une électrode de référence Ag/AgCl (non représentée sur la figure 2).

- électrolyte : 4 grammes par litre d'AuCl et 100 grammes par litre de NaCl.

Pour des nanofils de nickel :

- tension entre la première 7 et la deuxième 9 électrodes : -1 volt, relativement à une électrode de référence Ag/AgCl (non représentée sur la figure 2).

- électrolyte : 120 grammes par litre de NiSO_4 et 30 grammes par litre d' H_3BO_3 .

Chaque pore du deuxième réseau 17 comporte alors un nanofil de nickel de 10 à 50 nanomètres de diamètre et de 5 0,4 à 50 microns de long.

Pour des nanofils de cuivre :

- tension entre la première 7 et la deuxième 9 électrodes : -0,3 volt, relativement à une électrode de référence Ag/AgCl (non représentée sur la figure 2).

10 - électrolyte : 30 grammes par litre de CuSO_4 et 30 grammes par litre d' H_3BO_3 .

Pour des nanofils de cobalt :

- tension entre la première 7 et la deuxième 9 électrodes : -1 volt, relativement à une électrode de 15 référence Ag/AgCl (non représentée sur la figure 2).

- électrolyte : 120 grammes par litre de CoSO_4 .

Pour des nanofils d'oxyde de cuivre (Cu_2O) :

- tension entre la première 7 et la deuxième 9 électrodes : -0,3 volt, relativement à une électrode de 20 référence Ag/AgCl (non représentée sur la figure 2).

- électrolyte : 5 grammes par litre de CuSO_4 et 70 grammes par litre de pyrophosphate, pH = 11.

Pour des nanofils de sélénium :

25 - tension entre la première 7 et la deuxième 9 électrodes : -0,7 volts, relativement à une électrode de référence Ag/AgCl (non représentée sur la figure 2).

- électrolyte : 5 grammes par litre de SeO_2 et acide sulfurique (H_2SO_4 à 10%).

Pour des nanofils de tellure :

30 - tension entre la première 7 et la deuxième 9 électrodes : -0,7 volts, relativement à une électrode de référence Ag/AgCl (non représentée sur la figure 2).

- électrolyte : 2 grammes par litre de TeO_2 et acide

sulfurique (H_2SO_4 à 10%).

Pour des nanofils d'oxyde de zinc :

- tension entre la première 7 et la deuxième 9 électrodes : -0,45 volt, relativement à une électrode de référence Ag/AgCl (non représentée sur la figure 2).

- électrolyte : $ZnNO_3$ 0,03 molaire.

Pour des nanofils de polypyrrole :

- tension entre la première 7 et la deuxième 9 électrodes : +0,85 volt, relativement à une électrode de référence Ag/AgCl (non représentée sur la figure 2).

- électrolyte : pyrrole 0,1 molaire et $LiClO_4$ 0,1 molaire.

Comme représenté sur la figure 1-9, un isolant 23, analogue à l'isolant 15, est déposé au niveau de l'extrémité 6. Un contact 19 est alors électrodéposé à l'extrémité 6 du matériau support 1. Ce contact est par exemple constitué de cuivre. A titre d'exemple, les conditions d'électrodéposition du cuivre peuvent être les suivantes :

- tension entre la première 7 et la deuxième 9 électrodes de -0,3 volt, à partir d'un électrolyte constitué de 30 grammes par litre de $CuSO_4$ tamponné avec 30 grammes par litre de H_3BO_3 ayant un pH de 3,6.

Les nanofils de nickel du matériau actif 18 constituent alors le drain d'un transistor 100 (voir figure 1-10). Ces nanofils sont en contact électrique avec l'aluminium du matériau support 1 au niveau d'une interface 21.

Une tension de grille peut alors être mesurée entre le matériau support 1 et la couche d'or 13 constitutive de l'électrode de grille, tandis qu'un courant est appliqué de part et d'autre du drain, entre le contact 19 et le reste du matériau support 1, au niveau de l'interface 21.

Selon des variantes, le matériau actif 18 est

constitué :

- d'un semi-conducteur transparent obtenu par le procédé décrit dans "Growth of ZnO nanowires by electrochemical deposition into porous alumina on silicon substrates", Yuldashev SU, Choi SW, Kang TW, Nosova LA, Journal of the Korean Physical Society 42 S216-218 Suppl. Feb 2003 ; ou "Room-temperature ultraviolet light-emitting zinc oxide micropatterns prepared by low-temperature electrodeposition and photoresist", Izaki M, Watase S, Takahashi H, Applied Physics Letters 83(24) p 4930-4932 December 15 2003 ;

- de nanofils de silicium obtenus par le procédé décrit dans "Template-directed vapor-liquid-solid growth of silicon nanowires" Lew KK, Reuther C, Carim AH, Redwing JM, Martin BR, Journal of Vacuum Science and Technology 20(1) p 389-392 Jan 2002 ;

- de diodes obtenues selon le procédé de croissance décrit dans "Electrochemical fabrication of cadmium chalcogenide microdiode arrays", Klen JD, Herrick RD, Palmer D, Sailor MJ, Brumlik CJ, Martin CR, Chemistry of Materials 5(7) p 902-904 July 1993.

- de nanotubes de carbone réalisés selon le procédé de croissance décrit dans "Coulomb blockade in a single tunnel junction directly connected to a multiwalled carbon nanotube", Haruyama J., Takesue I. and Sato Y., Appl. Phys. Lett. 77, 2000, P 2891 ou dans "Spin dependent magnetoresistance and spin-charge separation in multiwall carbone nanotubes", X. Hoffer, Ch. Klinke, J-M. Bonard, J-E. Wegrowe, cond-mat/0303314.

- d'un semi-conducteur organique obtenu par le procédé décrit dans "Self-assembly and autopolymerization of pyrrol and characteristics of electrodeposition of polypyrrole on roughened Au (111) modified by

underpotentially deposited copper", Liu Y-C, Chuang TC, Journal of Physical Chemistry B 104, p 9802-9807, 2003 ;

On pourra aussi s'inspirer pour le dépôt de nanofils métalliques dans les pores du deuxième réseau 17 du procédé de croissance décrit dans "Template synthesis of nanowires in porous polycarbonate membranes: electrochemistry and morphology", Schonenberger C, VanderZande BMI, Fokkink LGJ, Henny M, Schmid C, Kruger M, Bachtold A, Huber R, Birk H, Stoufer U, Journal of Physical Chemistry B 101 (28): 5497-5505 JUL 10 1997.

De nombreuses variantes peuvent être envisagées à l'électrodéposition ou au dépôt en solution du matériau actif 18. Des nanotubes de carbone peuvent être déposés par dépôt chimique en phase vapeur, à 600 degrés, sous 20 millibars d'acétylène. Des nanofils de silicium peuvent être déposés en phase vapeur, à 500 degrés, à partir de SiH_4 sous 0,65 Torr, etc.

Selon un deuxième exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention représenté sur les figures 3-1 à 3-12, on met en œuvre un procédé essentiellement analogue à celui décrit en relation avec les figures 1-1 à 1-10 à la différence de la première étape d'électropolissage. En effet, au cours de cette première étape d'électropolissage, un fil-support de 120 microns de diamètre est effilé jusqu'à obtenir une pointe inférieure à 5 microns.

Ce mode de mise en œuvre illustre les possibilités d'intégration de composants électroniques, offertes par le procédé selon l'invention.

Les différentes étapes du procédé correspondant aux figures 3-2 à 3-9 correspondent respectivement à celles illustrées par les figures 1-1 à 1-8.

Comme représenté à la figure 3-10, un isolant 23 est déposé au niveau de l'extrémité 6.

Comme représenté sur la figure 3-11, un contact 19 est ensuite électrodéposé à l'extrémité 6 du matériau support 1 (la figure 3-11 et l'étape correspondante sont analogues à la figure 1-9 et l'étape qu'elle illustre).

5 Le montage de la figure 3-12 est analogue à celui de la figure 1-10.

Un autre exemple de mode de réalisation d'un composant 100 conforme à la présente invention est représenté sur la figure 4. Ce composant 100 comporte des
10 éléments actifs 50. Ces éléments actifs 50 sont des éléments nanoélectroniques. Ils comportent des terminaisons nanométriques 51 permettant de les relier électriquement et/ou thermiquement et/ou optiquement à une interface macroscopique.

15 Conformément à un exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, ces éléments actifs 50 sont intégrés dans une matrice 52 au moins partiellement formée d'un matériau support 1. Ce matériau support 1 est par exemple de l'aluminium. Les éléments actifs 50 sont
20 prédisposés sur une structure d'accueil (non représentée) avant d'être enveloppés par le matériau support 1.

Un masque (non représenté) est ensuite réalisé sur les faces de la matrice 52, par exemple par des techniques connues de photolithographie.

25 La matrice 52 est ensuite anodisée par exemple selon l'une des manières indiquées en relation avec les modes de mise en œuvre précédents. On procède ainsi à au moins deux anodisations pour former respectivement des pores dans les première et deuxième directions. Ces pores 17 permettent
30 d'atteindre les terminaisons nanométriques 51.

Un matériau actif 18 est ensuite déposé, par exemple par électrodéposition, dans les pores 3, 17. Le choix de la valeur et de l'orientation du potentiel électrolytique, lors

de cette étape d'électrodéposition, permet de déposer le matériau actif 18 sélectivement dans certains pores 3, 17, par exemple ceux joignant effectivement une terminaison nanométrique 51.

5 Les extrémités des pores 3, 17 débouchant en surface de la matrice 52 sont éventuellement connectées grâce à des pistes 53 destinées à une connexion à une interface macroscopique. Ces pistes 53 elles-mêmes peuvent être
10 réalisées en surface de la matrice 52 à une échelle plus grande que celle des terminaisons nanométriques 51. Il peut s'agir notamment de pistes submicroniques ou microniques réalisées grâce à des procédés de lithographie optique connus de l'Homme du Métier.

Des pistes 53 peuvent être réalisées sur toutes les
15 faces du composant 100. Certaines de ces pistes 53 peuvent être dédiées à une conduction et une connexion thermiques, tandis que d'autres peuvent être dédiées à une conduction et une connexion électriques et/ou tandis que d'autres encore peuvent être dédiées à une conduction et une connexion
20 optiques. Par exemple, certaines permettent de contacter électriquement un élément actif tel qu'un transistor d'une unité de mémoire par ses "word lines" et/ou "read lines", tandis que ce même élément actif 50 peut être connecté thermiquement à un bain thermique. Dans le cas où l'élément
25 actif 50 est un élément Pelletier, celui-ci peut être relié à une batterie. Des capteurs optiques peuvent être également placés directement à la surface de la matrice 52.

On peut ainsi évacuer la chaleur fournie par un élément actif 50 ou, au contraire, produire un courant
30 électrique à partir de différences de température.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication de composants pour l'électronique dans lequel on réalise une première
5 anodisation d'un matériau support (1) pour former au moins un premier pore (3) s'étendant, dans ce matériau support (1), dans une première direction caractérisé par le fait qu'en outre on réalise une deuxième anodisation pour former
10 au moins un deuxième pore (17) s'étendant dans le matériau support (1) dans une deuxième direction différente de la première direction.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on forme un matériau isolant dans le premier pore (3).

3. Procédé selon l'une des revendications
15 précédentes, dans lequel on forme un matériau actif (18) dans le deuxième pore (17).

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel le matériau actif (18) est choisi parmi un conducteur, un semi-conducteur, un supraconducteur, un matériau magnétique et
20 une structure carbonée.

5. Procédé selon l'une des revendications 3 et 4, dans lequel on dépose par électrodéposition le matériau actif (18) dans le deuxième pore (17).

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel le
25 matériau actif est un matériau semi-conducteur transparent à la lumière.

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel le matériau semi-conducteur est un matériau organique.

8. Procédé selon l'une des revendications
30 précédentes, dans lequel le matériau support (1) constitue à la fois une structure autoportante pour un composant (100) et des moyens de contact électrique.

9. Procédé selon l'une des revendications

précédentes, dans lequel on réalise un transistor (100) dont les contacts source et drain se trouvent respectivement chacun à l'une des extrémités du deuxième pore (17) et un contact de grille est réalisé par dépôt d'un matériau conducteur (13) sur la couche superficielle (5).

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le matériau support (1) se présente sous la forme d'une portion de fil s'étendant longitudinalement parallèlement à la deuxième direction.

11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel on forme une pluralité de pores, dont le premier pore, s'étendant chacun sensiblement sur l'épaisseur d'une couche superficielle (5) du fil, radialement perpendiculairement à la deuxième direction.

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel la couche superficielle (5) du fil constitue une couche de matériau diélectrique.

13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel on enveloppe au moins un élément actif dans une matrice comprenant le matériau support (1).

14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel on dépose dans l'un au moins des premier (3) et deuxième (17) pores, un matériau électriquement conducteur.

15. Procédé selon l'une des revendications 13 et 14, dans lequel on dépose dans l'un au moins des premier (3) et deuxième (17) pores un matériau thermiquement conducteur.

16. Procédé selon l'une des revendications 13 à 15, dans lequel on dépose dans l'un au moins des premier (3) et deuxième (17) pores un matériau optiquement conducteur.

17. Procédé selon l'une des revendications 13 à 16, dans lequel on réalise, en surface du matériau support (1), au moins une ligne d'un matériau choisi parmi un matériau électriquement conducteur, thermiquement conducteur et

optiquement conducteur, pour connecter l'élément actif à un élément extérieur.

18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant au moins trois étapes de traitement
5 en milieu liquide dont la première anodisation, la deuxième anodisation et une étape d'électrodéposition.

19. Composant pour l'électronique obtenu par le procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant un élément de matériau support (1) avec au moins
10 un premier pore s'étendant dans une première direction et au moins un deuxième pore (17) s'étendant dans une deuxième direction différente de la première direction.

20. Composant selon la revendication 19, dans lequel le deuxième pore (17) est au moins partiellement rempli d'un
15 matériau actif (18).

21. Composant selon la revendication 20, dans lequel le matériau actif (18) est choisi parmi un conducteur, un semi-conducteur, un supraconducteur, un matériau magnétique et une structure carbonée.

20 22. Composant selon l'une des revendications 20 et 21, dans lequel le matériau actif (18) est transparent à la lumière.

23. Procédé selon la revendication des revendications 20 à 22, dans lequel le matériau actif (18)
25 est un matériau organique.

24. Composant selon l'une des revendications 20 à 23, dans lequel un premier contact électrique est réalisé entre le matériau actif et le matériau support, au fond du deuxième pore.

30 25. Composant selon l'une des revendications 19 à 24, dans lequel le matériau support constitue à la fois une structure autoportante pour le composant et des moyens de contact électrique (21).

optiquement conducteur, pour connecter l'élément actif à un élément extérieur.

18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant au moins trois étapes de traitement en milieu liquide dont la première anodisation, la deuxième anodisation et une étape d'électrodéposition.

19. Composant pour l'électronique obtenu par le procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant un élément de matériau support (1) avec au moins un premier pore s'étendant dans une première direction et au moins un deuxième pore (17) s'étendant dans une deuxième direction différente de la première direction.

20. Composant selon la revendication 19, dans lequel le deuxième pore (17) est au moins partiellement rempli d'un matériau actif (18).

21. Composant selon la revendication 20, dans lequel le matériau actif (18) est choisi parmi un conducteur, un semi-conducteur, un supraconducteur, un matériau magnétique et une structure carbonée.

22. Composant selon l'une des revendications 20 et 21, dans lequel le matériau actif (18) est transparent à la lumière.

23. Composant selon l'une des revendications 20 à 22, dans lequel le matériau actif (18) est un matériau organique.

24. Composant selon l'une des revendications 20 à 23, dans lequel un premier contact électrique est réalisé entre le matériau actif et le matériau support, au fond du deuxième pore.

25. Composant selon l'une des revendications 19 à 24, dans lequel le matériau support constitue à la fois une structure autoportante pour le composant et des moyens de contact électrique (21).

26. Composant selon l'une des revendications 19 à 25, dans lequel l'élément de matériau support (1) se présente sous la forme d'une portion de fil s'étendant longitudinalement parallèlement à la deuxième direction.

5 27. Composant selon la revendication 26, dans lequel la portion de fil comporte, au niveau du deuxième pore (17), une couche superficielle (5) constituée d'un matériau électriquement isolant.

10 28. Composant selon la revendication 27, dans lequel un deuxième contact électrique, radialement externe par rapport à la couche superficielle (5), est réalisé sur cette couche superficielle (5).

15 29. Composant selon l'une des revendications 19 à 25 comprenant au moins un élément actif connecté à la surface du matériau support (1) via les premier (3) et deuxième (17) pores.

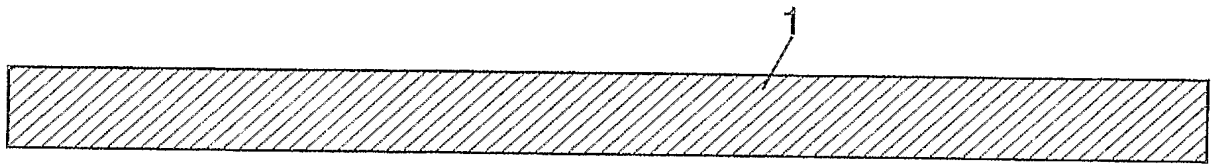


FIG. 1-1

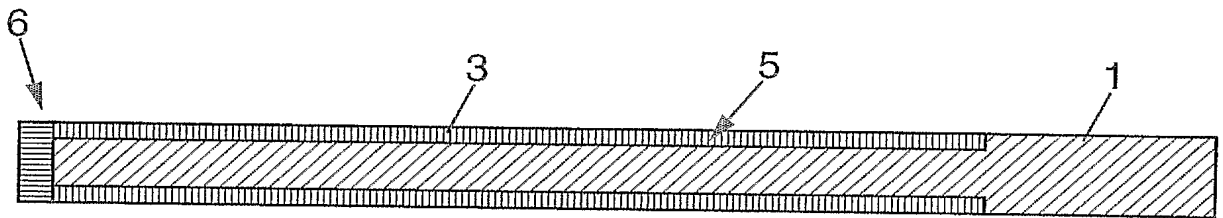


FIG. 1-2

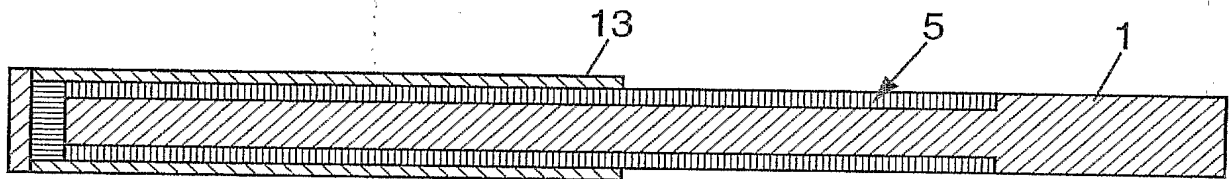


FIG. 1-3

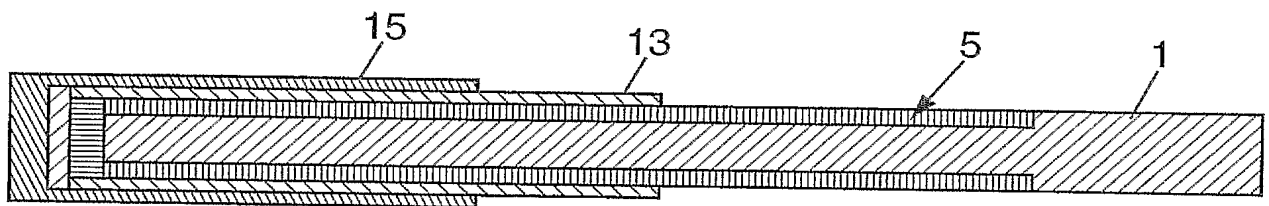


FIG. 1-4

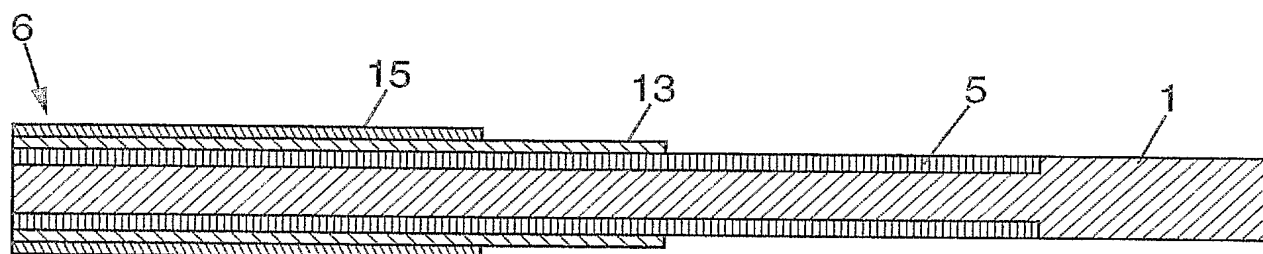


FIG. 1-5

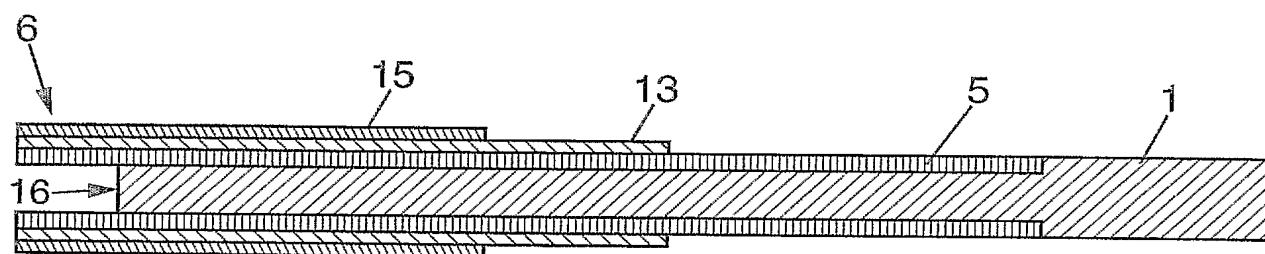


FIG. 1-6

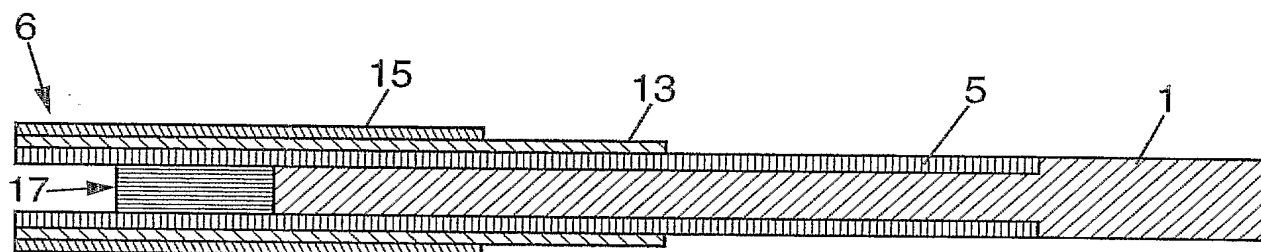


FIG. 1-7

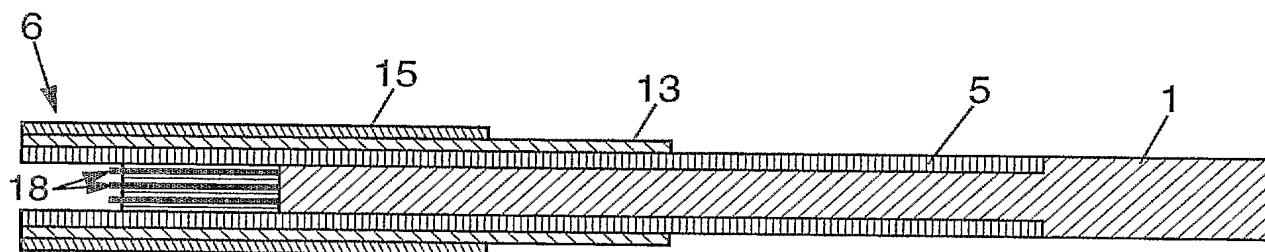


FIG. 1-8

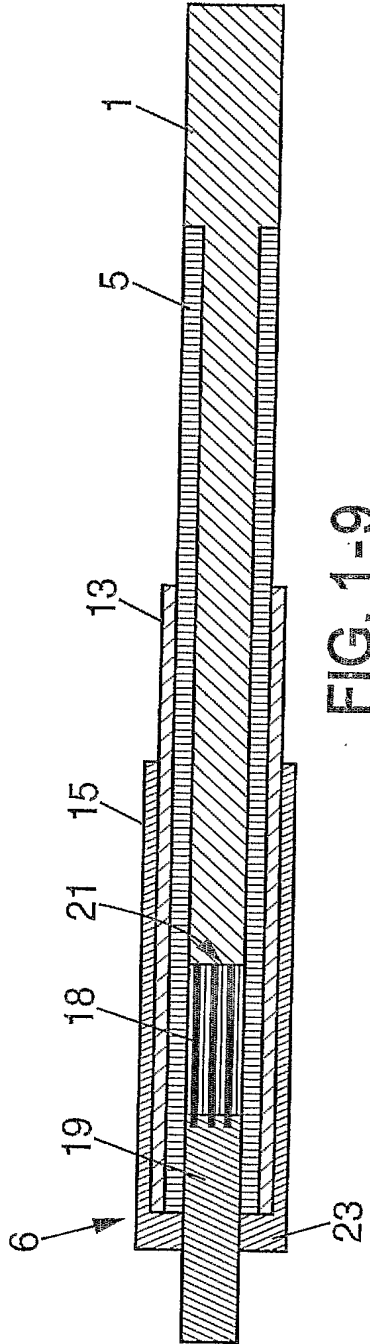


FIG. 1-9

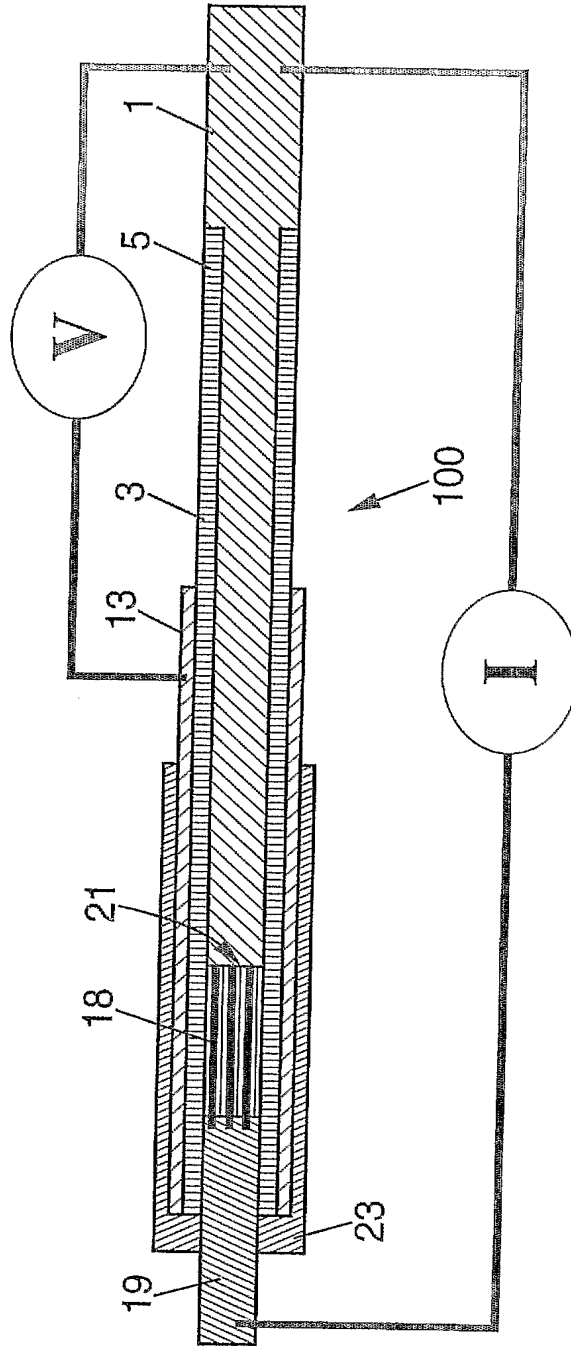


FIG. 1-10

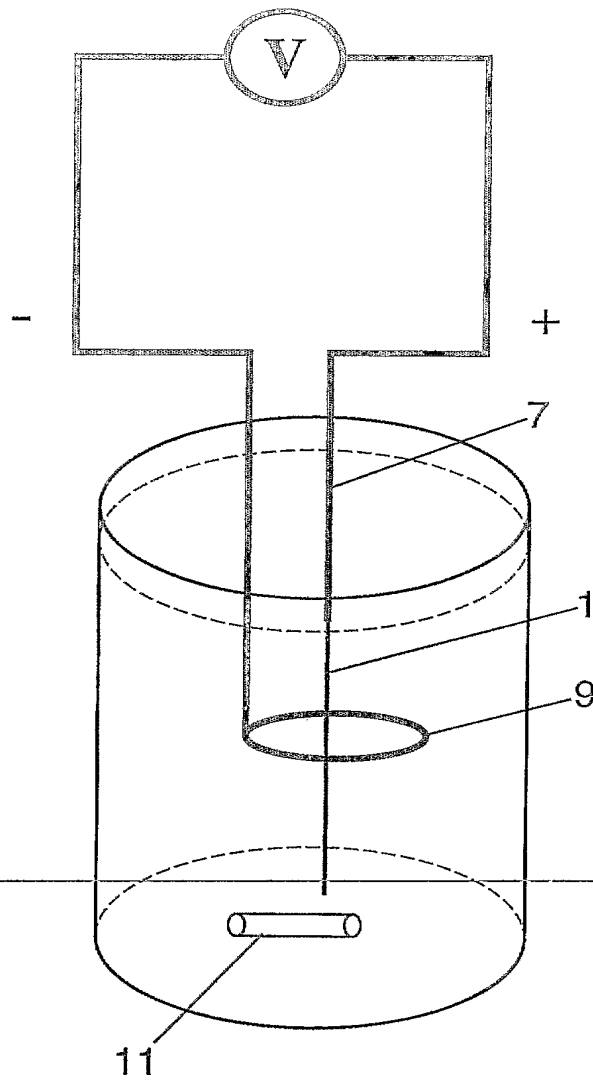


FIG. 2

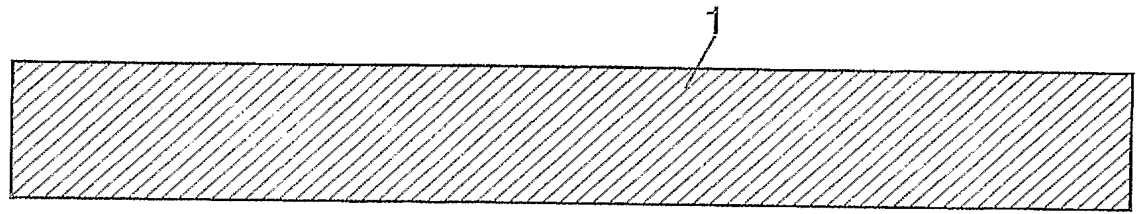


FIG. 3-1

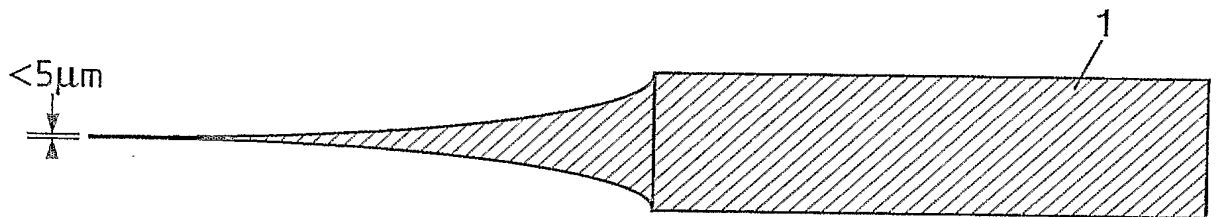


FIG. 3-2

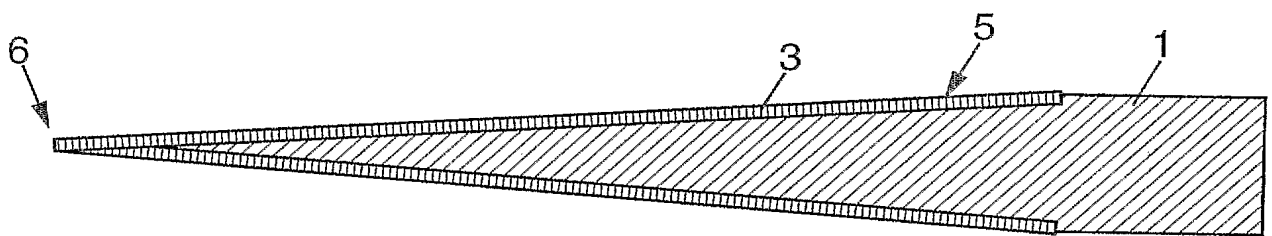


FIG. 3-3

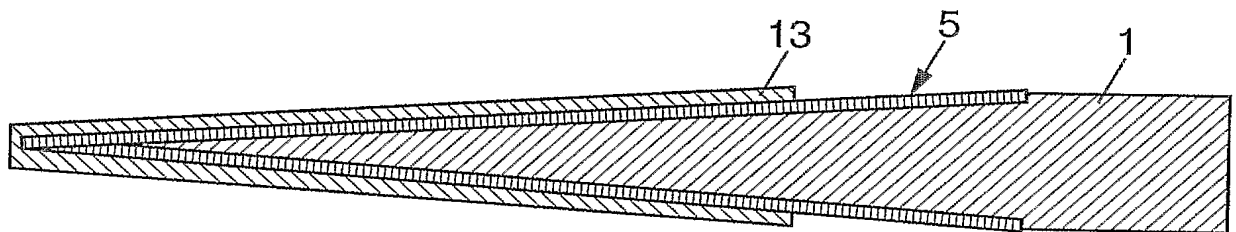


FIG. 3-4

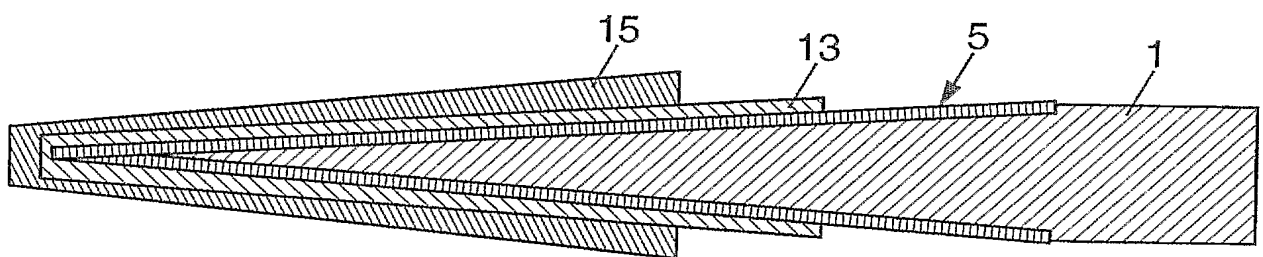


FIG. 3-5

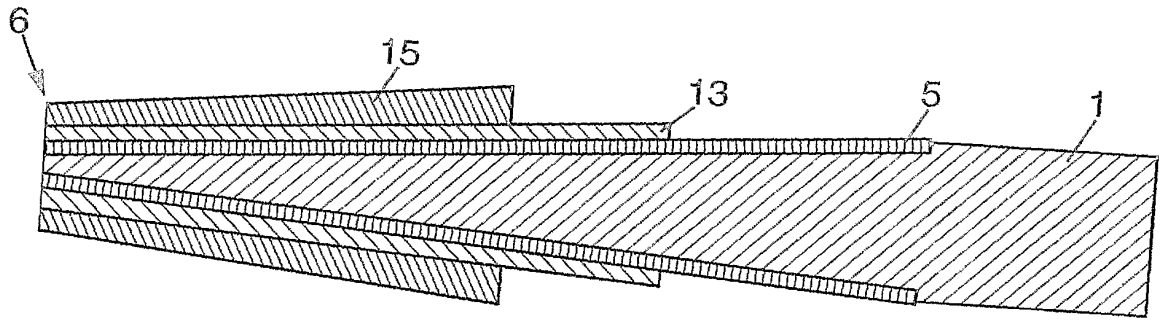


FIG. 3-6

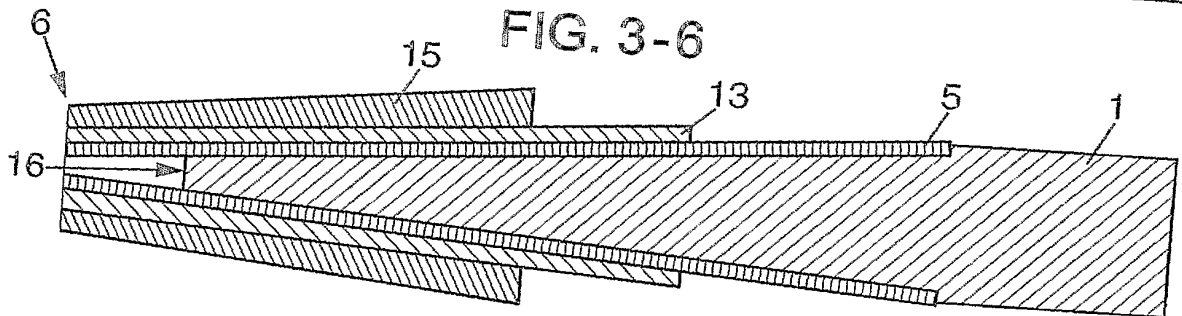


FIG. 3-7

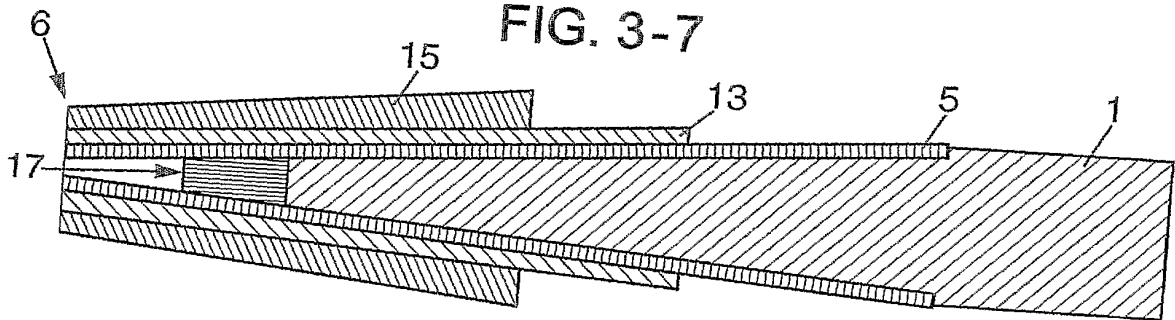


FIG. 3-8

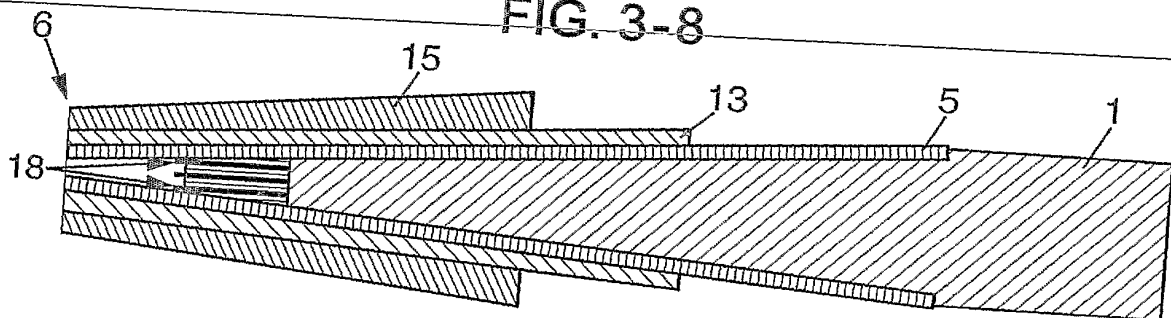


FIG. 3-9

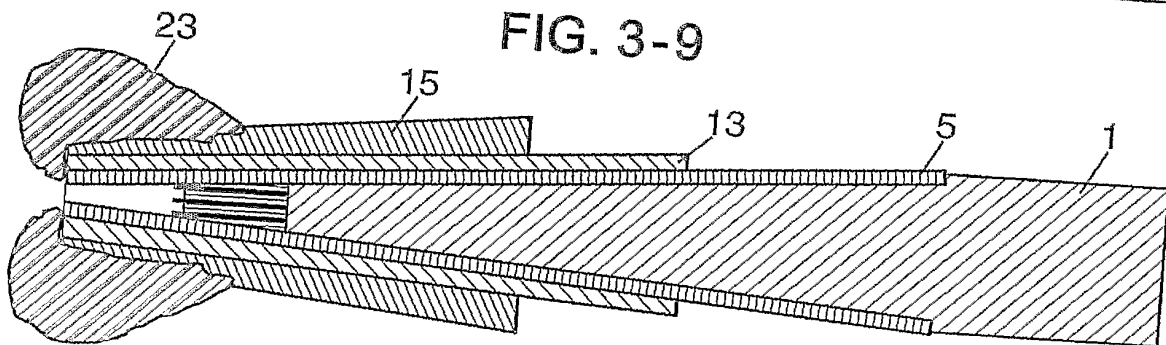


FIG. 3-10

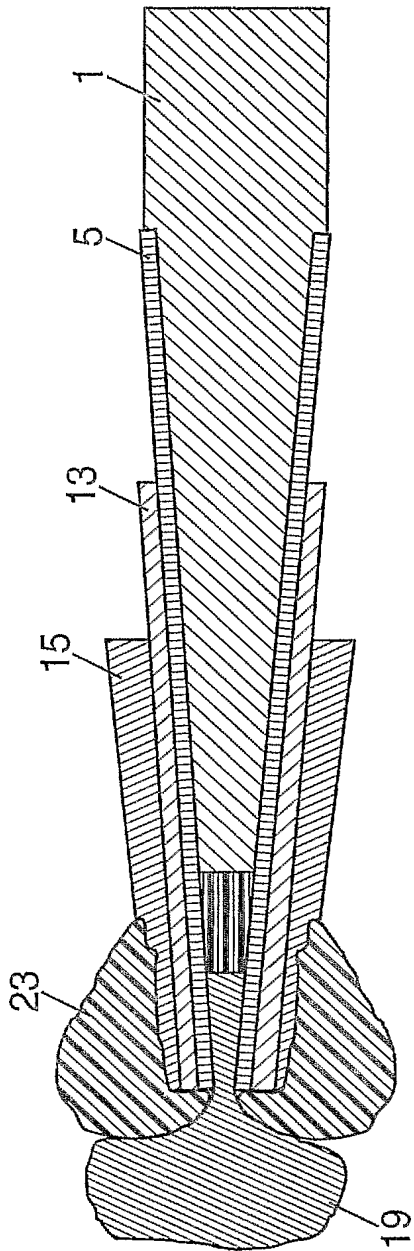


FIG. 3-11

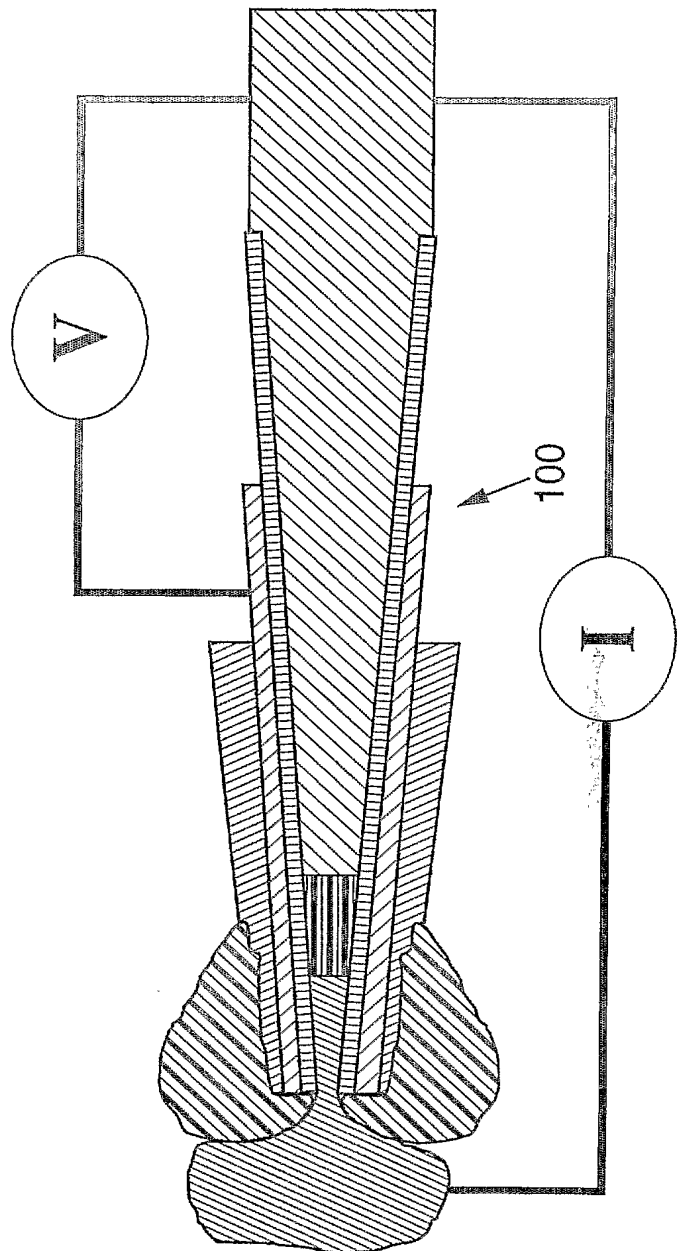


FIG. 3-12

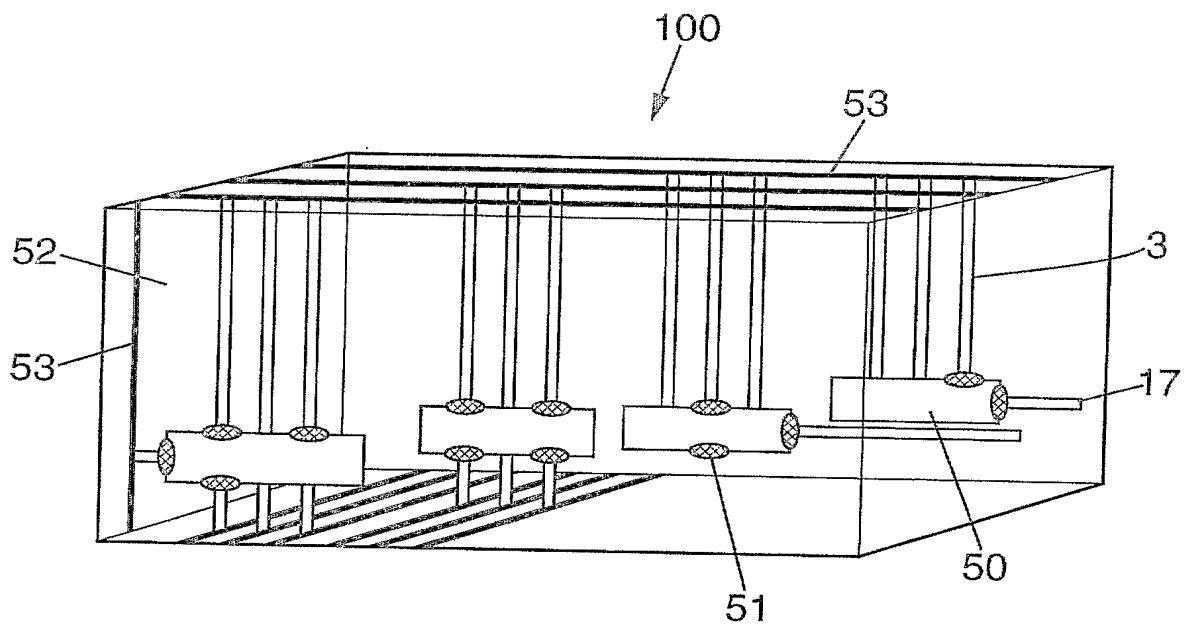


FIG. 4

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1/1

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 270601

| | |
|--|---------------------------|
| Vos références pour ce dossier (facultatif) | |
| N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL | BFF030343 <u>04 02998</u> |

TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

PROCEDE DE FABRICATION DE COMPOSANTS ELECTRONIQUES ET COMPOSANTS ELECTRONIQUES OBTENUS PAR CE PROCEDE

LE(S) DEMANDEUR(S) :

ECOLE POLYTECHNIQUE DGAR

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :

| | | | | |
|----------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------------|--------|
| 1 | Nom | | | |
| | Prénoms | WADE Travis | | |
| | Adresse | Rue | 17 Cité Bauer | |
| | | Code postal et ville | 75014 PARIS | FRANCE |
| | Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| 2 | Nom | | | |
| | Prénoms | WEGROWE Jean-Eric | | |
| | Adresse | Rue | 20 chemin de la Croix Saint Jérôme | |
| | | Code postal et ville | 77123 NOISY SUR | FRANCE |
| | Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| 3 | Nom | | | |
| | Prénoms | | | |
| | Adresse | Rue | | |
| | | Code postal et ville | | |
| | Société d'appartenance (facultatif) | | | |

S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.

DATE ET SIGNATURE(S)
DU (DES) DEMANDEUR(S)
OU DU MANDATAIRE
(Nom et qualité du signataire)

Le 23 mars 2004

CABINET PLASSERAUD

Eric BURBAUD

94-0304